

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИКИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В РАЗНОРОДНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Еременко Н.В., Иванов М.В., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»

В последнее время большое внимание уделяется логистическим процессам сбыта, которые рассматривают процесс движения сырья через процесс производства и сбыта до точки, в которой требуется конечный продукт. В связи с этим важной является задача эффективного управления распределенной логистической системой дистрибуции (РЛСД) с целью оптимальной доставки продукта от производителя к потребителю в нужное время, в требуемом качестве и по доступной цене в условиях распределенности мест хранения продукции и разнородности транспортных магистралей. При этом каналы доставки грузов формируются как траектория движения товаров от производителя к конечным потребителям через множество распределительных центров дистрибуции (РЦД) и пунктов перевалки (ПП) с учетом доступных транспортных магистралей. Возможны два варианта конфигурирования структуры каналов доставки грузов:

а) каждый ПП (стационарный или временный) связан с конечным потребителем (это возможно в условиях развитой транспортной сети). В такой системе практически отсутствует дефицит продукции на складах для отгрузки потребителям;

б) РЛСД можно описать как распределенную систему с реальными транспортными связями. В этом случае РЛСД представляет собой систему, в которой поток заказов (заявки на продукцию от потребителей) встречает ограниченные средства их удовлетворения (ограниченный объем запасов товаров, хранимых в РЦД). Поэтому РЛСД можно рассматривать как систему массового обслуживания (СМО), которая исследуется с целью определения основных показателей грузопотоков (интенсивность поставок продукции, интенсивность потребления товаров, время ожидания поставок, оптимальный объем запасов и др.).

Исследование проводилось для различных уровней представления каналов сбыта продукции:

а) на региональном уровне РЦД обеспечивает перевалку грузов с k -й на $(k+1)$ транспортную магистраль. Для моделирования материальных потоков в этом случае была применена Марковская модель размножения и гибели с состояниями (n, k) , $0 \leq n \leq N$, $0 \leq k \leq S$, где n – количество потребителей, обслуживаемых текущим РЦД; k – количество продукции, которая хранится на складе и которая может быть отгружена потребителям; N – общее количество потребителей в РЛСД; S – пороговое значение уровня страховых складских запасов. Для стационарного режима получены следующие показатели: уровень запасов, количество задержанных заказов (вследствие отсутствия товара на складе), количество заявок в системе, время ожидания, задержка выполнения заказов и др.;

б) на мультирегиональном уровне, помимо используемых для складирования РЦД, для доставки грузов конечным потребителям используются дополнительные ПП для стыковки разнородных транспортных магистралей. Наличие дополнительных ПП, каждый из которых имеет свои интенсивности обработки поступающих

товаров, позволяет представить РЛСД как многофазную систему с последовательными каналами и применить соответствующие методы теории массового обслуживания. Расчет транспортной сети, состоящей из одинаковых (звеньев, имеющие одинаковую интенсивность μ обработки заявок в системе) или разных (интенсивности μ_i обработки заявок в системе различны) звеньев, проводится по упрощенной схеме, в которой каждое звено рассчитывается отдельно, поскольку для простоты расчетов предполагается, что звенья друг на друга не влияют. Предложенный метод позволил определить плотности $f(t)$ и функции $F(t)$ распределения времени пребывания заявки в системе для таких случаев:

1) ПП имеют одинаковую интенсивность обслуживания:

$$f(t) = \frac{c(ct)^{n-1}}{(n-1)!} e^{-ct}; \quad F(t) = \int_0^t f(t) dt = - \sum_{i=1}^n \frac{c(ct)^{i-1}}{(i-1)!} e^{-ct} \Big|_0^t = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{c(ct)^{i-1}}{(i-1)!} e^{-ct};$$

2) интенсивности обслуживания ПП различны:

$$f(t) = \sum_{i=1}^n A_i e^{-c_i t}, \quad F(t) = \prod_{i=1}^n c_i \sum_{j=1}^n \frac{e^{-c_j t} - 1}{\prod_{\substack{j,k,m=1 \\ k>m \\ k=j \text{ или } m=j}}^n (-1)^{j+1} c_j (c_k - c_m)}, \quad \text{где } A_i = \frac{\prod_{j=1}^n c_j}{\prod_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n (c_i - c_k)};$$

3) смешанный случай:

$$f(t) = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_i} \frac{A_{ij} t^{(n_i-j)}}{(n_i-j)!} e^{-c_i t}; \quad F(t) = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_i} \frac{A_{ij}}{(n_i-j)!} \left(\frac{t^{(n_i-j)} e^{-c_i t}}{-c_i} + \frac{n_i-j}{c_i} \int_0^t t^{(n_i-j)-1} e^{-c_i t} dt \right).$$

где n – количество звеньев в системе; $B(s)$ – преобразование Лапласа плотности распределения времени пребывания заявки в системе с константой $c = \mu(1 - \rho)$ (для одинаковых звеньев) или $c_i = \mu_i(1 - \rho_i)$ (для разных звеньев); λ – интенсивность поступления заявок в систему; ρ – загрузка в одном звене, $\rho = \lambda / \mu$, $\rho_i = \lambda / \mu_i$; s – переменная дифференцирования.

Полученные результаты были использованы для определения средних значений временных показателей транспортировки грузов от производителя к конечным потребителям через РЦД и ПП, в частности, полное время прохождения заявки в системе определяет время доставки товаров потребителям, суммарное время ожидания определяет время «пролеживания» товаров на складе перед отправкой потребителям.

Список литературы

1. Еременко, Н. В. Многофазное моделирование сложных распределенных логистических систем [Текст] / Н. В. Еременко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2014. – № 4 (68). – С. 157-162.
2. Еременко, Н. В. Моделирование взаимодействия разнородных транспортных систем в логистике грузоперевозок [Текст] / Н. В. Еременко, В. А. Пуйденко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2014. – № 3 (67). – с. 133-136.